



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06027322 A**(43) Date of publication of application: **04.02.94**

(51) Int. Cl. **G02B 5/30**
G02B 5/18
G02B 6/12
G11B 7/135
G11B 11/10

(21) Application number: **05077839**(22) Date of filing: **05.04.93**(30) Priority: **08.04.92 JP 04 86853**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **YAMAMOTO HIROAKI**
NISHINO SEIJI
YAMAMOTO KAZUHISA

(54) **OPTICAL ELEMENT AND OPTICAL
 INFORMATION PROCESSOR USING THE
 ELEMENT AND PRODUCTION OF OPTICAL
 ELEMENT**

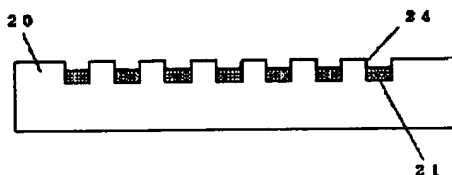
and does not diffract the extraordinary light is obtd.
 by adequately selecting the depth of the proton exchange
 layers 21 and the grooves 24.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&Japio

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the polarization separating element which can be produced by the simple process for production without requiring mask alignment and has high reliability, good productivity and good extinction ratio.

CONSTITUTION: Proton exchange layers 21 are periodically formed on a lithium niobate substrate 20 of an x face and further, grooves 24 are formed by selective etching using hydrofluoric acid. The light transmitted through the proton exchange layers 21 and grooves 24 of the polarization separating element produced in such a manner generates a deviation in phases with the light which does not transmit these parts. A phase advance takes place in both the proton exchange layers 21 and the grooves 24 when ordinary light is made incident, but a phase delay takes place in the proton exchange layers 21 and the phase advance in the grooves 24, thus acting in the directions where the deviations in the phases are offset with each other if extraordinary light is made incident. The polarization separating element which diffracts the ordinary light



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-27322

(43)公開日 平成6年(1994)2月4日

| (51)IntCl. ⁵ | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|-------------------------|-------|-----------|-----|--------|
| G 0 2 B | 5/30 | 9018-2K | | |
| | 5/18 | 9018-2K | | |
| | 6/12 | E 9018-2K | | |
| G 1 1 B | 7/135 | Z 8947-5D | | |
| | 11/10 | Z 9075-5D | | |

審査請求 未請求 請求項の数5(全 10 頁)

| | | | |
|-------------|----------------|---------|---|
| (21)出願番号 | 特願平5-77839 | (71)出願人 | 000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地 |
| (22)出願日 | 平成5年(1993)4月5日 | (72)発明者 | 山本 博昭 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内 |
| (31)優先権主張番号 | 特願平4-86853 | (72)発明者 | 西野 清治 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内 |
| (32)優先日 | 平4(1992)4月8日 | (72)発明者 | 山本 和久 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内 |
| (33)優先権主張国 | 日本(JP) | (74)代理人 | 弁理士 小鍛冶 明 (外2名) |

(54)【発明の名称】 光学素子およびそれを用いた光情報処理装置および光学素子の製造方法

(57)【要約】

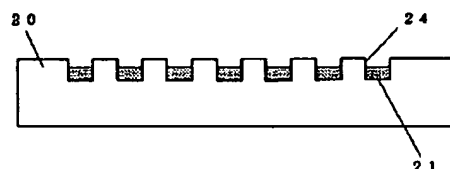
【目的】 マスク合わせのいらない簡単な作製工程で作製可能な信頼性が高く生産性が良く、かつ消光比の良好な偏光分離素子を実現する。

【構成】 x面のニオブ酸リチウム基板20へ周期的にプロトン交換層21を形成、さらにフッ酸による選択エッチングにより溝24する。このようにして作製された偏光分離素子はプロトン交換層21および溝24を透過する光はそれぞれの部分で、これらを透過しない光に対して位相のずれが生じる。常光が入射した場合プロトン交換層21、溝24ともに位相進みが生じるが、異常光が入射した場合はプロトン交換層21では位相の遅れが、溝24では位相の進みが生じ位相のずれを相殺し合う方向に作用する。プロトン交換層21および溝24の深さを適当に選択することにより、常光を回折し異常光を回折しない偏光分離素子を実現できる。

20-ニオブ酸リチウム基板

21-プロトン交換領域

24-溝



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のX面もしくはY面にプロトン交換層を持ち、前記プロトン交換層の表面が前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に対して凹であることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のX面もしくはY面に周期的なプロトン交換層を持ち、前記プロトン交換層の表面が前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に対して溝を形成している光学素子において、前記プロトン交換層と前記溝を透過する光が、前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光に対して常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数]、異常光では $2m\pi$ [m は任意の整数] 位相がずれていることをことを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項3】 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のX面もしくはY面に周期的なプロトン交換層を持ち、前記プロトン交換層の表面が前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に対して溝を形成している光学素子において、前記プロトン交換層と前記溝を透過する光が、前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光に対して常光では $2m\pi$ [m は任意の整数]、異常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数] 位相がずれていることをことを特徴とする請求項1記載の光学素子。

【請求項4】 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に周期的なプロトン交換層を作製し、前記プロトン交換層をエッチングにより選択的にエッチングすることを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項5】 入射する光を一定の効率で回折光と非回折光に偏光分離する偏光分離素子と、前記回折光を検出する第一の受光素子と、前記第1の受光素子により検出した信号を増幅する第1の増幅器と、前記非回折光を検出する第2の受光素子と、前記第2の受光素子により検出した信号を増幅する第2の増幅器を有し、前記第1の増幅器からの信号と前記第2の増幅器から信号を差動検出する光情報処理装置において前記第1の増幅器の増幅率と前記第2の増幅器の増幅率の比が、前記偏光分離素子の非回折光の効率と前記偏光分離素子の回折光の効率の比に等しいことを特徴とする光情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光情報処理、光通信等に用いる光学素子、および光情報処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 光情報処理、光通信等に用いる偏光分離素子としては特開昭63-314502号公報などがある。従来の偏光分離素子の構造を図6に示す。

2

【0003】 20はx面のニオブ酸リチウム基板、21はニオブ酸リチウム基板20表面に周期的に形成されたプロトン交換層、23はプロトン交換層21の表面に形成された誘電体膜である。

【0004】 プロトン交換層21はニオブ酸リチウム基板20の屈折率に比べ常光（結晶のy軸方向に電界ベクトルを持つ光）の屈折率 n_o は0.04減少し異常光（結晶のz軸方向に電界ベクトルを持つ光）の屈折率 n_e は0.141増加する。

【0005】 まずこの偏光分離素子に異常光が入射した場合を考える。偏光分離素子に入射する異常光で誘電体23およびプロトン交換層21を通過する光はニオブ酸リチウム基板20のみを通過する光に比べ位相が遅れる。これは誘電体23と空気の屈折率の違いと、プロトン交換層21とニオブ酸リチウム基板20の屈折率の違いによるものである。このようにして生じた位相の違いにより異常光は回折が生じる。

【0006】 一方、偏光分離素子に常光が入射した場合この光が回折しないためには上記の様な位相差をなくす必要がある。プロトン交換層21の常光の屈折率はニオブ酸リチウム基板20の常光の屈折率に比べ0.04減少する。このために誘電体23を導入し、誘電体23と空気の屈折率の違いと、プロトン交換層21とニオブ酸リチウム基板20の屈折率の違いが光の位相変化を相殺し合い、入射した常光を回折しない様にしている。

【0007】 この偏光分離素子に常光および異常光の両方の成分を持つ光を入射させると、異常光を回折し常光を回折せず偏光分離が可能となる。

【0008】 なおこの偏光分離素子において誘電体23をニオブ酸リチウム基板20の屈折率に近い値のものをを用いることによりSiO₂等による反射防止膜も作製可能である（特開昭63-314502号公報）。

【0009】 次に従来の偏光分離素子の製造方法について説明する。図7にその製造方法を示す。まずニオブ酸リチウム基板20の表面にアルミ30を蒸着する（図7（a））。次にアルミ30の表面にフォトリソグラフィによりレジスト31のパターンを形成し（図7（b））、このレジスト31をマスクとしてドライエッチングによりアルミ30をパターンニングし（図7（c））、このパターンニングしたアルミ30をマスクとして安息香酸中で熱処理を行うことによりプロトン交換層21を形成する。（図7（d））。さらにアルミ30を硫酸水等の酸により除去し（図7（e））、表面へ誘電体23を蒸着する（図7（f））。誘電体23の表面にフォトリソグラフィによりレジスト32のパターンを形成し（図7（g））、このレジスト32をマスクとしてドライエッチングによりプロトン交換層21表面に誘電体23をパターンニングする（図7（h））。以上のようにして従来の偏光分離素子を作製できる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の偏光分離素子は誘電体23を作製するために、(1)誘電体膜の蒸着、(2)フォトリソグラフィによるレジストのパターン形成、(3)誘電体膜のドライエッチングの工程が必要であった。

【0011】フォトリソグラフィ工程はプロトン交換層21の上に高精度な位置合わせを行いパターンを形成する工程が必要である。しかしながらこの場合基板が透明であるからアライメントキーの識別が難しく、この作業には多大な時間を必要とした。また、マスク合わせにおいて発生するマスクずれは偏光分離素子の偏光分離の消光比の劣化を引き起こし素子の歩留り低下の大きな原因であった。

【0012】さらにこの作製方法においては、その他の工程でも高価な装置を長時間使用する必要があり、この点からも生産生産性が良くなくコスト高で問題である。また誘電体23を結晶上に蒸着する構成のため環境の変化により誘電体23が剥離する等の問題もあり信頼性の点でも問題があった。

【0013】そこで本発明は、マスク合わせのいらない簡単な作製工程で作製可能な信頼性が高く生産性が良く、かつ消光比の良好な偏光分離素子を実現することを目的とする。

【0014】さらにそれを用いた光情報処理装置、光学素子の製造方法をあわせて提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】第1の発明の偏光分離素子は $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のX面もしくはY面に周期的なプロトン交換層を持ち、前記プロトン交換層の表面が前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に対して溝を形成し、前記プロトン交換層と前記溝を透過する光の位相が、前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光の位相から常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数]、異常光では $2m\pi$ [m は任意の整数] ずれていることを特徴とする。

【0016】第2の発明の偏光分離素子は $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のX面もしくはY面に周期的なプロトン交換層を持ち、前記プロトン交換層の表面が前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に対して溝を形成し、前記プロトン交換層と前記溝を透過する光の位相が、前記 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光の位相から常光では $2m\pi$ [m は任意の整数]、異常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数] ずれていることを特徴とする。

【0017】第3の発明の偏光分離素子の製造方法は $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶表面に周期的なプロトン交換層を作製し前記プロトン交換層をフッ酸を含むエッチング液により前記プロトン交換層を選択的にエ

ッチングすることを特徴とする。

【0018】

【作用】第1発明の偏光分離素子はプロトン交換層と溝を透過する光の位相が、 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光の位相から常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数]、異常光では $2m\pi$ [m は任意の整数] ずれており異常光の位相差が相殺されており常光のみが回折され、異常光は回折されない。

【0019】第2の発明の偏光分離素子はプロトン交換層と溝を透過する光の位相が、 $\text{Li}_x\text{Ta}_{1-x}\text{NbO}_3$ ($0 \leq x \leq 1$) 結晶のプロトン交換がなされていない領域を透過する光の位相から常光では $2m\pi$ [m は任意の整数]、異常光では $(2n+1)\pi$ [n は任意の整数] ずれており常光の位相差が相殺されており異常光のみが回折され、異常光は回折されない。

【0020】第1の発明および第2の発明は共に従来の偏光分離素子の比べて非常に簡単な構成になっている。すなわち従来の偏光分離素子では必要不可欠の誘電体23を無くし、プロトン交換層21の上部に形成した溝24を配置しているものである。このように構成が簡単なため信頼性が高く素子を実現できる。

【0021】また、この構成は第3の発明の偏光分離素子作製方法を用いることにより簡単に作製できる。第3の発明の偏光分離素子作製方法によれば従来の偏光分離素子の作製工程が必要であった、(1)誘電体膜の蒸着、(2)フォトリソグラフィによるレジストのパターン形成、(3)誘電体膜のドライエッチングの工程を1回のエッチングに置き換えることができる。

【0022】本発明はプロトン交換層21のエッチング速度が特定の薬品を用いた場合、ニオブ酸リチウム基板20のエッチング速度に比べて早いことに注目してなされたものであり、さらに本発明を用いることにより、エッチングマスク無しに選択エッチングで溝24を形成することが可能である。

【0023】また、従来の偏光分離素子の作製で必要であったプロトン交換マスクの除去の工程もこのエッチングにより同時に行うことができ、さらに工程の簡略化ができる。

【0024】これらの工程の簡略化により高価な装置を長時間使用する必要もなくなり大幅な生産性の向上を実現でき、生産コストの低減も可能となる。

【0025】さらに、本作製方法はプロトン交換層のみを選択的にエッチングするため、従来問題であったマスク合わせずれによる偏光分離素子の消光比の劣化も全く無く、大幅な特性向上と歩留り向上も実現できる。

【0026】以上のように本発明によれば、高信頼性で生産性の良い高性能の偏光分離素子を実現でき、従来に比べ歩留りも大幅に改善できる。

【0027】

【実施例】

(実施例1) まず本発明の第1の実施例の偏光分離素子について説明する。

【0028】図1は本発明の第1の実施例の偏光異方性ホログラム素子の構造断面図である。20はx面のニオブ酸リチウム基板、21はニオブ酸リチウム基板20表面に周期的に形成された深さ d_p のプロトン交換層であり、ニオブ酸リチウム基板20の表面はプロトン交換層21の領域のみをエッチングされ深さ d_a の溝24が形成されている。

【0029】基板の屈折率とプロトン交換層の屈折率を図2に示す。屈折率は基板の作製条件、プロトン交換条件により若干こととなるがその代表的な値を示しておく。 n_o はニオブ酸リチウム基板20の常光の屈折率、 n_e はニオブ酸リチウム基板20の異常光の屈折率、 n_{op} はプロトン交換層21の常光の屈折率、 n_{ep} はプロトン交換層21の異常光の屈折率である。 Δn_o 、 Δn_e は常光および異常光のプロトン交換層21とニオブ酸リチウム基板20の差であり次式で与えられる。

$$\Delta \phi_o = (2\pi/\lambda) (\Delta n_o \cdot d_p + \Delta n_{oa} \cdot d_a) \quad (式3)$$

ここで λ は入射光の波長、また Δn_{oa} は基板の常光屈折率 n_o と空気の屈折率1との差で、次式で与えられる。

$$\Delta n_{oa} = 1 - n_o \quad (式4)$$

一方、偏光分離素子に異常光(結晶のz軸方向に電界ベクトルを持つ光)が入射した場合を考え、プロトン交換層21を通過しない、つまりニオブ酸リチウム基板20のみを通過する光を基準として光の位相を考える。溝24の屈折率はニオブ酸リチウム基板20の屈折率より小

$$\Delta \phi_e = (2\pi/\lambda) (\Delta n_e \cdot d_p + \Delta n_{ea} \cdot d_a) \quad (式5)$$

ここで λ は入射光の波長、また Δn_{ea} は基板の異常光屈折率 n_e と空気の屈折率1との差で、次式で与えられる。

$$\Delta n_{ea} = 1 - n_e \quad (式6)$$

本発明の第1の実施例の偏光分離素子は常光を回折し、異常光を回折しない機能を有するもので、以下の様にし☆

$$(2\pi/\lambda) (\Delta n_o \cdot d_p + \Delta n_{oa} \cdot d_a) = -(2n+1)\pi \quad (式7)$$

$$(2\pi/\lambda) (\Delta n_e \cdot d_p + \Delta n_{ea} \cdot d_a) = 2m\pi \quad (式8)$$

となる。ここで n 、 m は任意の整数である。特に $n = ☆ ☆ 0$ 、 $m = 0$ の場合、上式より

$$d_a = (\lambda/2) \{ \Delta n_e / (\Delta n_o \Delta n_{ea} - \Delta n_e \Delta n_{oa}) \} \quad (式9)$$

$$d_p = (\lambda/2) \{ \Delta n_{ea} / (\Delta n_e \Delta n_{oa} - \Delta n_o \Delta n_{ea}) \} \quad (式10)$$

波長 $0.78 \mu m$ の光の偏光分離素子を実現するには、(式9)および(式10)より溝24の深さ d_a を $0.25 \mu m$ としプロトン交換層21の深さ d_p を $2.00 \mu m$ とすれば良い。実際はプロトン交換層の屈折率は作製条件等により異なり、また深さ方向に若干の分布を持つためこれに応じて深さ溝24の深さ d_a 、プロトン交換層21の深さ d_p を若干調整する必要がある。

【0036】図3に後述の方法により製作した素子の特性を示す。素子の作製パラメータは実験的に求め決定した。プロトン交換深さは $2.38 \mu m$ とし、溝を沸酸に

$$* \quad [0030] \quad \Delta n_o = n_{op} - n_o \quad (式1)$$

$$\Delta n_e = n_{ep} - n_e \quad (式2)$$

プロトン交換層21の屈折率はニオブ酸リチウム基板20の屈折率と比較して異常光の屈折率 n_e が 0.145 増加し、逆に常光の屈折率 n_o は 0.04 減少する。本発明は従来の偏光分離素子同様この常光と異常光の屈折率変化の違いを利用するものであり、プロトン交換層21の表面に形成された溝24により異常光の屈折率変化を相殺することを特徴としている。

10 【0031】以下その動作について説明する。まずこの偏光分離素子に常光(結晶のx軸方向に電界ベクトルを持つ光)が入射した場合を考える。プロトン交換層21を通過しない、つまりニオブ酸リチウム基板20のみを通過する光の位相を基準とすると、プロトン交換層21および溝24の屈折率はニオブ酸リチウム基板20の屈折率より小さいためこの領域を通過する光は位相の進みが生じる。位相の変化量 $\Delta \phi_o$ は位相の進みを負、遅れを正で表すと次式で与えられる。

$$* \quad [0032]$$

※さいためこの領域を通過する光は位相の進みが生じる。これに対しプロトン交換層21の屈折率はニオブ酸リチウム基板20の屈折率より大きいためこの領域を通過する光は位相の遅れが生じ溝24による位相の進みを打ち消す方向に作用する。位相の変化量 $\Delta \phi_e$ は位相の進みを負、遅れを正で表すと次式で与えられる。

$$[0034]$$

30 ☆てこれを実現できる。つまり(式3)で与えられる異常光の位相差 $\Delta \phi_e$ を 2π の整数倍とし、常光のみ位相差 $\Delta \phi_o$ を 2π の整数倍としない様にプロトン交換層21の深さ d_p と溝24の深さ d_a を適当に選択するものである。特に $\Delta \phi_o$ が π の奇数倍場合その消光比は最大となる。この条件を式で表すと、

より順次選択エッチングしながら回折効率、透過率を測定した。入射波長は $780 nm$ で、(a)は常光、(b)は異常光の測定結果である。溝深さの増加に伴い常光は位相差が増大し回折効率 η_{o1} は増加、透過率 η_{oo} は減少している。一方、異常光は溝によりプロトン交換領域の屈折率増加が相殺され回折効率 η_{e1} が減少、透過率が増加している。異常光の透過率 η_{eo} はエッチング深さ $0.13 \mu m$ で最大となり、この時の消光比は透過光が $24 dB$ 、回折光が $17 dB$ と良好な特性が得られた。

50 【0037】以上のように本発明の第1の実施例では偏

光分離機能を従来の偏光分離素子に比べ誘電体23の無い簡単な構成で信頼性の高い偏光分離素子を実現できる。また、この構成は、後述の第2の実施例である作製方法（従来の偏光分離素子の作製工程で必要であった、(1)誘電体膜の蒸着、(2)フォトリソグラフィによるレジストのパターン形成、(3)誘電体膜のドライエッチング、(4)プロトン交換マスクの除去の工程を1回のエッチングで置き換える作製方法）が適用できる構成で、従来に無い生産性のすぐれた低価格な偏光分離素子である。

【0038】さらに、本素子はプロトン交換層のみを選択的にエッチングし作製可能なため、従来問題であったマスク合わせずれによる消光比の劣化も全く無い高性能な偏光分離素子であり、歩留りも良い。

【0039】以上のように本発明によれば、信頼性が高く生産性の良い高性能の偏光分離素子を実現でき、歩留りも大幅に改善できる。

【0040】なお格子の方向は任意で図8に示す様にz軸方向に水平な方向、図9に示す様にy軸方向に水平な方向でも良く、また図10の様なy軸、z軸に斜め方向でも良い。

【0041】さらに格子パターンは直線に限られず任意で図11の様な曲線を用い回折光に対してレンズ作用のような波面操作をすることも可能である。また、これらのパターンを複数配置することも可能である。

【0042】また基板としてx面のニオブ酸リチウムを用いた例を述べたがこの限りではなくy面のニオブ酸リチウムでも同等の効果が得られる。またニオブ酸リチウムの代わりにリチウムタンタレートを用いても同等の効果が得られ、ニオブ酸リチウムとリチウムタンタレートの混晶も用いることもできる。また本偏光分離素子は従来の偏光分離素子同様、誘電体による無反射コート可能である。

【0043】（実施例2）次に第1の実施例の偏光分離素子の製造方法である第2の実施例について図4を用いて説明する。

【0044】まずx面のニオブ酸リチウム基板20の表面にタンタル33を蒸着する（図4（a））。次にタンタル33の表面にフォトリソグラフィによりレジスト31のパターンを形成し（図4（b））、このレジスト31をマスクとしてエッチングによりタンタル33をパターンニングし（図4（c））、このパターンニングしたタンタル33をマスクとして230℃のピロ磷酸中で約110分熱処理を行うことによりプロトン交換層21を形成する。（図4（d））。なおこの時基板表面はピロリン酸により若干エッチングされわずかな溝が形成されるが後述の選択エッチング量をこれに合わせ調整すれば問題は無い。

【0045】次にこれをフッ酸を含むエッチング液によりエッチングする。このときタンタル33はエッチング

により除去される。

【0046】このエッチング液はプロトン交換層21をエッチングし、ニオブ酸リチウム基板20をエッチングしない性質を持つことが知られている（特開昭63-158506号公報）。

【0047】これを利用し、プロトン交換層21のみを一部選択エッチングし、従来必要だったエッチングマスク無しに溝24を形成することができる。溝の深さは時間制御等によりプロトン交換層21のエッチング量を調整し溝24を形成する。エッチング液にフッ酸45%・水55%（重量比）を用いると約7分の時間によりこれを形成できる。エッチング液としては他に、フッ酸とフッ化アンモニウムの混合液、フッ酸と硝酸の混合液等フッ素系のエッチング液であれば良い。またフッ素系のガスによるエッチングによっても同じ様な選択エッチングが可能である。

【0048】なお、ここではフッ素系のエッチング液およびフッ素系のエッチングガスによるエッチングについて述べたがこの限りではなく、プロトン交換層21をニオブ酸リチウム基板20に対して選択エッチングが可能で、かつプロトン交換のマスクをエッチング可能なエッチング方法ならばこの限りではない。

【0049】第2の実施例の偏光分離素子作製方法によれば従来の偏光分離素子の作製工程で必要であった、(1)誘電体膜の蒸着、(2)フォトリソグラフィによるレジストのパターン形成、(3)誘電体膜のドライエッチングの工程を1回のエッチングに置き換えることができる。

【0050】また、従来の偏光分離素子の作製で必要であったプロトン交換マスクの除去の工程もこのエッチングにより同時に行うことができ、さらに工程の簡略化ができる。

【0051】これらの工程の簡略化により高価な装置を長時間使用する必要もなくなり大幅な生産性の向上を実現でき、生産コストの低減も可能となる。

【0052】さらに、本作製方法はプロトン交換層のみを選択的にエッチングするため、従来問題であったマスク合わせずれによる偏光分離素子の消光比の劣化も全く無く、大幅な特性向上と歩留り向上も実現できる。

【0053】以上のように本発明によれば、高性能の偏光分離素子を、生産性良く生産でき、歩留りも大幅に改善できる。

【0054】なおプロトン交換の方法としてタンタル33をマスクとしてピロ磷酸で熱処理をする方法について説明したが、金属をマスクと酸で熱処理する方法ならばこの限りではなく、たとえば従来と同様にアルミをマスクとして安息香酸中で熱処理を行っても良い。

【0055】また基板としてx面のニオブ酸リチウムを用いた例を述べたがこの限りではなくy面のニオブ酸リチウムでも同等の効果が得られる。またニオブ酸リチウムの代わりにリチウムタンタレートを用いても同等の効

10

20

30

40

50

果が得られ、ニオブ酸リチウムとリチウムタンタレート
の混晶も用いることもできる。

【0056】（実施例3）次に本発明の第3の実施例の
偏光分離素子について説明する。基本的構成は図1に示
す第1の実施例と同じである。本第3の実施例の偏光分
離素子はプロトン交換層21の深さ d_p と溝24の深さ
を適当に選択し、異常光を回折し常光を回折しない偏光*

$$(2\pi/\lambda)(\Delta n_o \cdot d_p + \Delta n_{oa} \cdot da) = 2m\pi \quad (\text{式11})$$

$$(2\pi/\lambda)(\Delta n_e \cdot d_p + \Delta n_{ea} \cdot da) = -(2n+1)\pi \quad (\text{式12})$$

となる。ここで n 、 m は任意の整数である。特に $n = \times 10 \times 0$ 、 $m = 1$ の場合、上式より

$$da = (\lambda/2) \{ (2\Delta n_e - \Delta n_o) / (\Delta n_o \Delta n_{ea} - \Delta n_e \Delta n_{oa}) \} \quad (\text{式13})$$

式13)

$$d_p = -(\lambda + \Delta n_{oa} \cdot da) / \Delta n_o \quad (\text{式14})$$

波長 $0.78 \mu m$ の光の偏光分離素子を実現するには、

（式13）および（式14）より溝24の深さ da を
 $0.56 \mu m$ としプロトン交換層21の深さ d_p を
 $1.857 \mu m$ とすれば良い。

【0058】以上のように本発明の第3の実施例では偏
光分離機能を従来の偏光分離素子に比べ誘電体23の無
い簡単な構成で実現でき信頼性の高い偏光分離素子を実
現できる。また、この構成も第1の実施例同様、第2の
実施例である作製方法（従来の偏光分離素子の作製工程
で必要であった、(1)誘電体膜の蒸着、(2)フォトリソグ
ラフィによるレジストのパターン形成、(3)誘電体膜の
ドライエッチング、(4)プロトン交換マスクの除去の工
程を1回のエッチングで置き換える作製方法）が適用で
きる構成で、従来に無い生産性のすぐれた低価格な偏光
分離素子である。

【0059】さらに、本素子はプロトン交換層のみを選
択的にエッチングし作製可能なため、従来問題であった
マスク合わせずれによる消光比の劣化も全く無い高性能
な偏光分離素子であり、歩留りも良い。

【0060】以上のように本発明によれば、信頼性が高
く生産性の良い高性能の偏光分離素子を実現でき、歩留
りも大幅に改善できる。

【0061】なお格子の方向は任意で図8に示す様に z
軸方向に水平な方向、図9に示す様に y 軸方向に水平な
方向でも良く、また図10の様な y 軸、 z 軸に斜め方向
でも良い。

【0062】さらに格子パターンは直線に限られず任意
で図11の様な曲線を用い回折光に対してレンズ作用の
ような波面操作をすることも可能である。また、これら
のパターンを複数配置することも可能である。

【0063】なお基板として x 面のニオブ酸リチウムを
用いた例を述べたがこの限りではなく y 面のニオブ酸リ
チウムでも同等の効果が得られる。またニオブ酸リチウ
ムの代わりにリチウムタンタレートを用いても同等の効
果が得られ、ニオブ酸リチウムとリチウムタンタレート
の混晶も用いることもできる。また本偏光分離素子は従
来の偏光分離素子同様誘電体による無反射コートが可能

* 分離素子を実現したものである。

【0057】異常光を回折し、常光を回折しない機能を
有するためには（式5）で与えられる常光の位相差 $\Delta \phi_o$
を 2π の整数倍とし（式3）で与えられる異常光の位
相差 $\Delta \phi_e$ を 2π の整数倍としないことが条件である。
特に $\Delta \phi_e$ が π の奇数倍場合その消光比は最大となる。
この条件を式で表すと、

$$(2\pi/\lambda)(\Delta n_o \cdot d_p + \Delta n_{oa} \cdot da) = 2m\pi \quad (\text{式11})$$

$$(2\pi/\lambda)(\Delta n_e \cdot d_p + \Delta n_{ea} \cdot da) = -(2n+1)\pi \quad (\text{式12})$$

である。

【0064】（実施例4）次に第1の実施例または第3
の実施例の偏光分離素子を用いた第4の実施例の光情報
処理装置について説明する。

【0065】図5は本実施例の光情報処理装置の構成図
である。1は半導体レーザ、2は情報が記録された光磁
気ディスク、3、4、5はレンズ、6は受光素子、7は
偏光ビームスプリッタ、10は第1の実施例もしくは第
3の実施例の偏光分離素子である。

【0066】半導体レーザ1は、放射光 L_1 が偏光分離
素子10に対して紙面に垂直の偏光（ s 偏光）で入射す
る方向に設置されており、 L_1 放射光 L_1 はレンズ3で
コリメートされ偏光ビームスプリッタ7を透過する。こ
こで偏光ビームスプリッタ22の反射率は s 偏光成分で
は50%（ $=r_s$ ）、 p 偏光成分ではほぼ100%（ $=r_p$ ）とする。

【0067】偏光ビームスプリッタ7を透過した光はレ
ンズ4により光ディスク2表面に集光される。集光され
た光は記録された情報により右回りもしくは左回りのカ
ー回転（カー回転角 $=\theta$ ）を受け反射される（ L_2 ）。

【0068】反射された光はレンズ4によりコリメート
され偏光ビームスプリッタ7へ至る。偏光ビームスプリ
ッタ22では P 2の p 偏光成分はほぼ100%反射し、
 s 成分は50%透過する。偏光ビームスプリッタ7で反
射された光は、 P 偏光方向および S 偏光方向に対して偏
光分離方向を 45° 回転し配置した偏光分離素子10に
より回折光（ L_3 、 L_3' ）と非回折光（ L_4 ）に偏光
分離され、それぞれ受光素子6の異なる領域で検出す
る。

【0069】光磁信号は非回折（ L_4 ）と回折光の総和
（ $L_3 + L_3'$ ）との差動により検出する。

【0070】フォーカスエラー信号、トラッキングエラ
ー信号等の制御信号の検出は、偏光分離素子10の回折
格子の格子ベクトルを場所により変化させ回折光の波面
操作を行うことにより、従来のホログラム素子を用いた
サーボ信号の検出方法（たとえば特開昭56-5701
3号公報、特開昭62-137736号公報、特開昭6
3-229640号公報など）を適用できる。

【0071】以上の構成により、従来の光情報処理装置に用いていたウォラストンプリズム等のバルクの光学素子を厚さ500 μ m程度の偏光分離素子10に置き換えることができ、光情報処理装置の小型軽量化、高信頼性化、低価格化が可能となる。

【0072】ところで、本発明の偏光分離素子は従来の偏光分離素子同様、高次の回折ロスにより、偏光方向に対し効率の違いが生じる。

【0073】偏光分離素子10の効率は非回折光(L4)に対しては約100%であるのに対し回折光(L3+L3')は約80%である。この効率の違いは、作動検出により同相ノイズ成分を除去するという観点からは好ましくない。

【0074】この回折効率の違いを相殺する従来の方法としては、偏光分離素子の結晶軸を45°よりずらし、入射する光の回折光方向の偏光の割合を増加させる方法がある(特開平3-29137号公報)。しかしながら光磁気的信号強度は45°の場合が最大になり従来の方法では信号強度の劣化が生じていた。

【0075】本発明では、偏光分離素子の効率の比 $R = (L3 + L3') / L4$ が常に一定であることに注目し各信号に重み付けし差動検出することによりこの問題を解決している。

【0076】つまり図5に示す検出アンプ50の増幅率を検出アンプ51の増幅率に比べ回折効率の低下分だけ大きく(効率が80%の場合は1/0.8倍)すれば、回折光による信号強度と非回折光による信号強度が等しくなる。

【0077】本発明によれば従来の方法に比べ素子の方向を45°で用いることができ従来のような光磁気信号の劣化を生じさせることなく信号強度を等しくすることが可能で、良好な差動検出が可能となる。

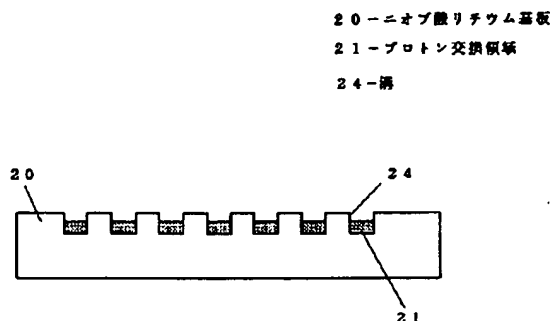
10

20

30

*

【図1】



* 【0078】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、構造が簡単で信頼性が高く、かつ生産性の良い高性能の偏光分離素子を実現でき、従来に比べ歩留りも大幅に改善でき、低価格化にも有効で、その実用的効果は大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例の偏光分離素子の構造断面図

【図2】ニオブ酸リチウムの常光、異常光の屈折率を示す図

【図3】本発明の第1の実施例の偏光分離素子の特性をあらわす図

【図4】本発明の第2の実施例の偏光分離素子作製方法の工程断面図

【図5】本発明の第4の実施例の光情報処理装置の構成図

【図6】従来の偏光分離素子の構造断面図

【図7】従来の偏光分離素子作製方法の工程断面図

【図8】本発明の偏光分離素子の構成斜視図

【図9】本発明の偏光分離素子の構成斜視図

【図10】本発明の偏光分離素子の構成斜視図

【図11】本発明の偏光分離素子の構成斜視図

【符号の説明】

20 ニオブ酸リチウム基板

21 プロトン交換層

23 誘電体

24 溝

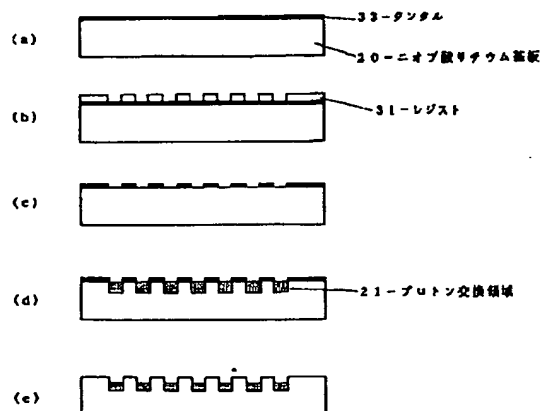
30 アルミ

31 レジスト

32 レジスト

33 タンタル

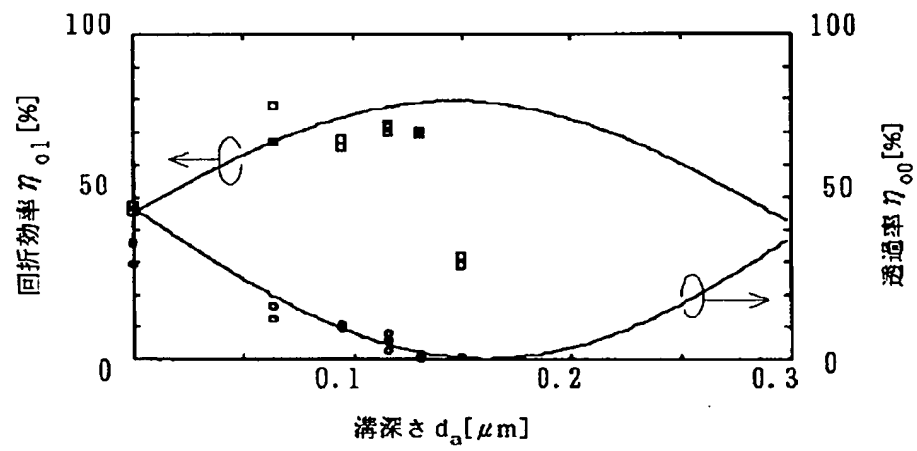
【図4】



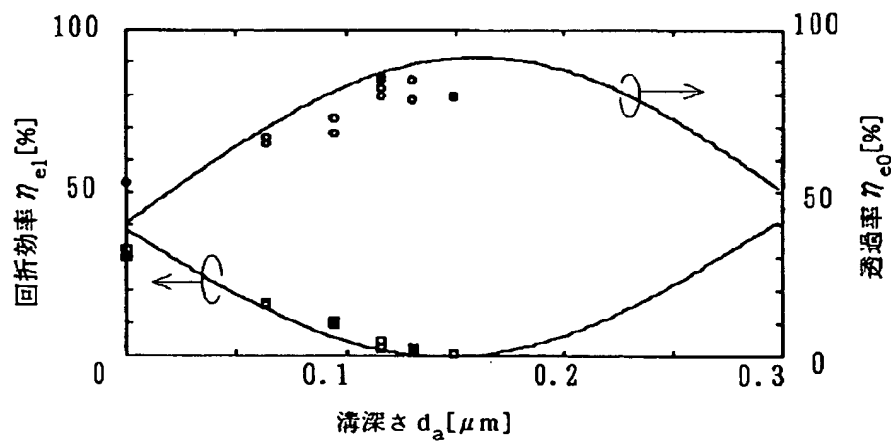
【図2】

| | 基板 | プロトン交換層 | Δn |
|-----|-------------|----------------|--------------------|
| 常光 | n_o 2.264 | n_{op} 2.260 | Δn_o -0.04 |
| 異常光 | n_e 2.177 | n_{ep} 2.322 | Δn_e 0.145 |

【図3】

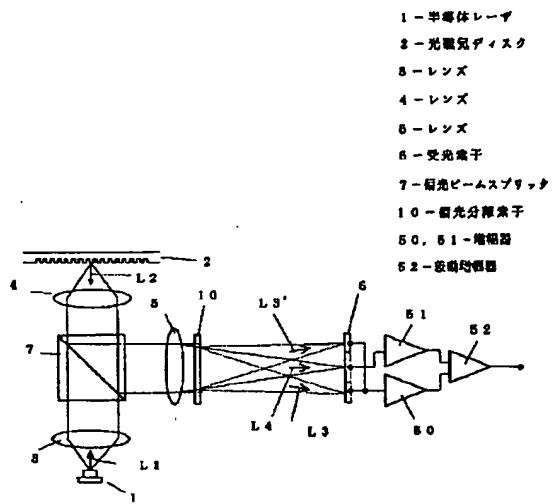


(a) 常光

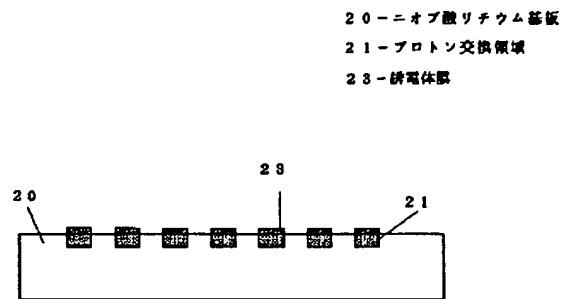


(b) 異常光

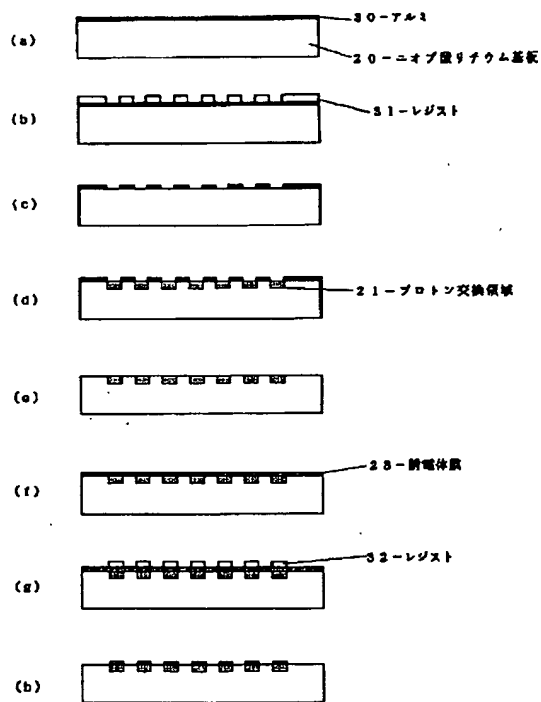
【図5】



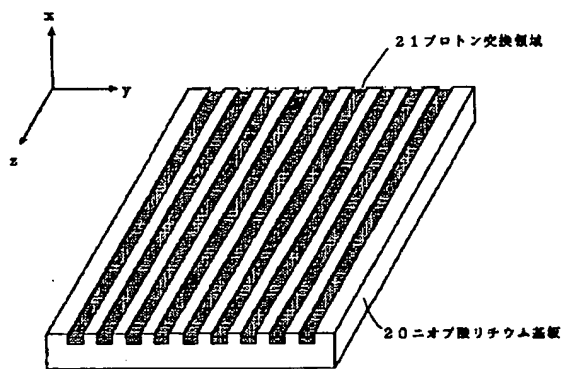
【図6】



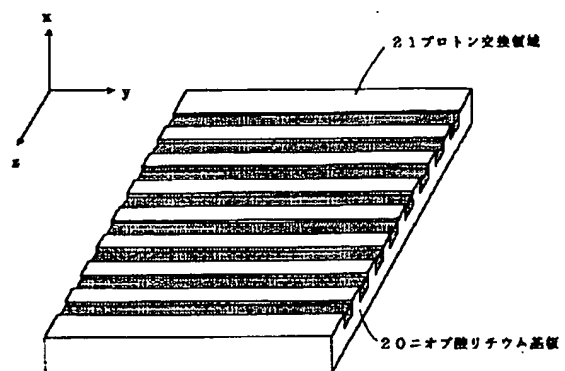
【図7】



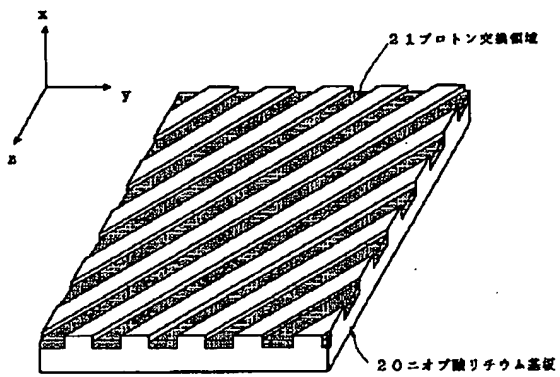
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

